

## [12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 00806595.0

[43]公开日 2002年8月14日

[11]公开号 CN 1364337A

[22]申请日 2000.12.8 [21]申请号 00806595.0

[30]优先权

[32]1999.12.22 [33]US [31]09/469,880

[86]国际申请 PCT/EP00/12384 2000.12.8

[87]国际公布 WO01/47105 英 2001.6.28

[85]进入国家阶段日期 2001.10.22

[71]申请人 皇家菲利浦电子有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72]发明人 R·莫欣德拉

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

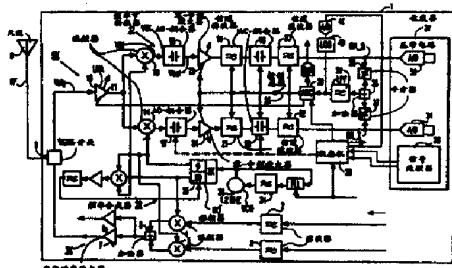
代理人 郑立柱 张志醒

权利要求书2页 说明书8页 附图页数3页

[54]发明名称 零中频无线电设备中的自动增益控制

[57]摘要

零中频无线电设备有一个用于接收无线电频率信号的天线,一个用于将接收到的无线电频率信号下转换成零中频信号的频率下转换器。无线电设备还有可控放大器段、可控交流耦合段、可控滤波器段和一个接收信号强度指示器。接收信号强度指示器的信号解析范围低于接收到的无线电频率信号的高动态范围。无线电设备还包括一个自动增益控制器。自动增益控制器初始时将无线电设备 Rx 通路设置为最大或最小增益,然后等待 Rx 通路中直流偏移的消除。如果在最大或最小增益处接收信号强度指示器的读数处在特定范围之内,那么自动增益控制器将增益设置成该读数。然后调整自动增益控制。如果不是这种情况,Rx 通路的增益逐步减少或增加,同时重复等待直流偏移消除的直流偏移消除步骤,直到接收信号强度指示器的读数落在信号解析范围之内,然后设置 Rx 通路的增益。



## 权 利 要 求 书

## 1. 一种零中频无线电设备 (1)，包括：

一个天线 (9)，用于接收无线电频率信号 (RF)，该无线电频率信号具有高动态范围；

5 一个频率下转换器 (12)，用于将无线电频率信号 (RF) 下转换成零中频信号 (Rx\_I, Rx\_Q)，该频率下转换器 (12) 包括一个混频器 (13)、一个交流耦合器 (15) 和一个信号解析范围低于高动态范围的接受信号强度指示器 (36-41)，交流耦合器 (15) 耦合到混频器 (13) 的输出；

10 一个信号处理器 (26, 28)，用于处理零中频信号 (Rx\_I, Rx\_Q)；至少一个耦合到天线 (9) 和信号处理器 (26, 28) 之间的放大器 (11)；以及

一个自动增益控制器 (28, 29)，用于至少对至少一个放大器 (11) 进行增益控制，

15 配置该自动增益控制器 (28, 29)，使其通过如下步骤来设置至少一个放大器 (11) 的增益：将增益设置成预定义的增益，等待预定义时间以使该无线电设备 (1) 中的直流偏移信号衰减，检查接收信号强度指示器 (36-41) 的读数是否位于信号解析范围之内，如果该读数位于信号解析范围之内就根据该读数设置增益。

20 2. 如权利要求 1 中要求的零中频无线电设备 (1)，其中预定义的增益初始时处在增益的最大增益值 (MAX\_GAIN)，配置自动增益控制器 (28, 29)，使其逐步减少该增益，同时重复地等待预定义的时间，并重复地执行检查，直到读数处在信号解析范围之内。

25 3. 如权利要求 1 中要求的零中频无线电设备 (1)，其中预定义的增益初始时处在增益的最小增益值 (MIN\_GAIN)，配置自动增益控制器 (28, 29)，使其逐步增加该增益，同时重复地等待预定义的时间，并重复地执行检查，直到读数处在信号解析范围之内。

30 4. 如权利要求 2 中要求的零中频无线电设备 (1)，其中至少一个的放大器 (11) 包括一个耦合到天线 (9) 和混频器 (13) 输入之间的无线电频率放大器 (11) 和一个耦合到混频器 (13) 输出和信号处理器 (26, 28) 之间的零中频放大器 (23)，该增益是无线电频率放大器 (11) 第一增益与零中频放大器 (23) 第二增益的乘积，设置

自动增益控制器 (28, 29)，使其在设置增益时首先修改第一增益。

5. 如权利要求 3 中要求的零中频无线电设备 (1)，其中至少一个的放大器 (11) 包括一个耦合到天线 (9) 和混频器 (13) 输入之间的无线电频率放大器 (11) 和一个耦合到混频器 (13) 输出和信号  
5 处理器 (26, 28) 之间的零中频频率放大器 (23)，该增益是无线电频率放大器 (11) 第一增益与零中频放大器 (23) 第二增益的乘积，设置自动增益控制器 (28, 29)，使其在设置增益时最后修改第一增益。

6. 一种用于零中频无线电设备 (1) 增益控制的增益控制方法，  
10 该零中频无线电设备 (1) 包括一个用于接收无线电频率信号 (RF) 的天线 (9)，该频率信号 (RF) 具有高动态范围，一个用于将无线电频率信号 (RF) 下转换成零中频信号 (Rx\_I, Rx\_Q) 的频率下转换器 (12)，该频率下转换器 (12) 包括一个混频器 (13)、至少一个的放大器 (11) 和一个交流耦合器 (15)，该交流耦合器 (15) 耦合到混频器 (13) 的输出，该零中频无线电设备 (1) 还包括一个信号解析范围低于高动态范围的接收信号强度指示器 (36-41)，该方法包括至少  
15 设置至少一个放大器 (11) 的一个增益，通过：

将增益设置为预定义增益；

等待预定义时间，使无线电设备 (1) 中的直流偏移衰减；

20 检查接收信号强度指示器 (36-41) 的读数是否处在信号解析范围之内；以及

如果读数处在信号解析范围之内，根据该读数设置增益。

## 说 明 书

## 零中频无线电设备中的自动增益控制

5 本发明涉及接收机或收发机这样的零中频无线电设备中的自动增益控制。这样的无线电设备处理下转换的、已解调的接收到的无线电频率信号，而且在还带有发射部分的时候发射已调制的、上转换的信号。这样的无线电设备可以是蜂窝无线电、无绳电话、或无线局部区域网无线电设备、卫星无线电设备或任何其他适合的无线电设备。

10 从 L. E. Larson 编著，Artech House 出版社于 1996 年出版的手册“用于无线通信的射频和微波电路设计”中的第 73 页，我们知道了一种直接转换零中频接收机。在该接收机中，包含在接收机中的本机振荡器被调节成输入的无线电频率信号的载频。当在这样的直接转换零中频接收机中的直流耦合级时，直流偏移会导致严重的问题，例如由于零中频无线电设备的天线和混频器中间通常存在的、到低噪 15 无线电频率放大器输入的 LO 泄漏，以及还由于信道滤波器、放大器或其他元件这样的无线电设备不同远见中的直流偏移。为了减轻这样直流偏移问题，在无线电设备的接收支路使用了交流耦合。这样的交流耦合可以分布在不同的级，其中所有的级设计成一个级的直流偏移远远小于该级的动态范围。

20 在美国专利号 5,982,807 中，提出的中频扩频无线电收发机用在无线局部区域网中，如在 IEEE 802.11b 标准中定义的、称作 2.4 GHz ISM 波段的。在收发机中，基带处理器包括一个解调器，用于解调从包含在收发机中的无线电电路中接收的扩频相移键控 (PSK) 信息。除了二相或二进制 PSK 模式 (BPSK)，收发机还可以运行在四相移键控 25 模式 (QPSK)。解调器连接到模数转换器的输出。模数转换器交流耦合到无线电电路。为了充分减少普通的直流元件，使用了特定类型的 Walsh 码。如美国专利号 5,982,807 中的图 1 所示，无线收发机有一个天线、一个上/下转换器和一个 Tx/Rx 开关。上/下转换器连接到收发机接收支路中的低噪频率放大器和收发机发射支路中的无线电频率功率放大器。上/下转换器连接到一个频率合成器，并连接到一个中频调制器/解调器。收发机还包括不同的滤波器和压控振荡器。基带处理器包括高速 3 位模数转换器，用于接收来自调制器/解调器的正交

I 和 Q 信号。此外，基带处理器包括一个接收信号强度指示器，监视具有六位模数转换器的功能。

在上面 IEEE 802.11b 标准的 62 页，草图附录 部分 11，给出了用于北美信道选择的运行信道。将无线电设备中的本机振荡器调到 5 2412 MHz，零中频无线电设备接收来自给出的非重叠信道 1 的无线电信号。

在美国专利号 5,982,235 中，提出了用于移动通信的自动增益控制电路 (AGC)。如美国专利号 5,982,235 图 7 所示，设置放大器的增益。放大器放大输入中频信号，具有增益控制的功能。以这种方式放大的信号输出到一个解调电路。对于所述的移动通信中的 AGC 应用，接收等级的变化大至 +10 dB，小至 -30 dB。为了处理接收等级在超出 AGC 控制范围之外的显著下降，例如由于衰落现象，给出的自动增益控制电路包括一个中频处的衰落检测电路 (RSSI)，一个 AGC 收敛等级设置电路，一个信噪 (S/N) 检测电路和一个 AGC 设置电路。10 S/N 检测电路连接到放大器的输出，为 AGC 收敛等级设置电路提供一个输入信号。RSSI 为 AGC 收敛等级设置电路提供另一个输入信号。AGC 电路还包括一个耦合到放大器输出的衰减设置电路。AGC 电路的输出信号存在于衰减设置电路的输出处。RSSI 检测 AGC 电路是否是在高速运动。如果是这种情况，AGC 衰落等级设置电路控制 AGC 衰落等级，使其增加或减少，从而防止了数据的丢失。如果不是这种情况，那么输出的信噪比和输出信号等级保持不变。如果发生了衰落，那么 15 AGC 收敛等级增加，从而防止了输出信噪比的下降。设置衰减电路，使得输出信号等级保持不变。

本发明的一个目标是提供一种用在零中频无线电设备中的、带有交流耦合级的自动增益控制器，其中接收信号强度指示器的信号解析范围低于输入无线电频率信号所具有的高动态范围。25

本发明的另一个目标是提供这样一种自动增益控制器，不管初始时是从最大增益还是从最小增益处开始，通过逐步迭代，使输出信号在接收信号强度指示器的线性范围内被采样。

本发明还有另外一个目标是提供这样一种自动增益控制器，首先通过修改存在最大直流偏移问题的低噪比无线电频率放大器 (LNA) 的增益来开始，其中通过降低 LNA 的增益可以减少频带外干扰机的影 30

响。

本发明还有另外一个目标是通过减少交流耦合的截止频率来减少调整 AGC 之后交流耦合的负面影响。

5 本发明还有另外一个目标是将增益控制分布在天线和用于处理零中频信号的信号处理器之间的整个接收支路部分。

根据本发明，提供的零中频无线电设备包括：

一个天线，用于接收无线电频率信号，该无线电频率信号具有高动态范围；

10 一个频率下转换器，用于将无线电频率信号下转换成零中频信号，该频率下转换器包括一个混频器，一个交流耦合器和一个信号解析范围低于高动态范围的接收信号强度指示器，其中交流耦合器耦合到混频器的输出；

一个信号处理器，用于处理零中频信号；

至少一个耦合在天线和信号处理之间的放大器；以及

15 自动增益控制器，至少控制至少一个放大器的增益，

配置该自动增益控制器，使其通过如下步骤来设置至少一个放大器的增益：将增益设置成预定义的增益，等待预定义时间以使该无线电设备中的直流偏移信号衰减，检查接收信号强度指示器的读数是否位于信号解析范围之内，如果该读数位于信号解析范围之内就根据该读数设置增益。

本发明基于这一认识：在带有交流耦合器的零中频无线电设备中，由于直流偏移，只有在 RSSI 输出处没有发生信号饱和才设置 AGC。

图 1 给出了根据本发明的零中频无线电设备的方框图。

图 2 给出了根据本发明的 AGC 调整表和增益设置的第一步。

25 图 3 给出了根据本发明的 AGC 调整表和增益设置的第二步。

图 4 给出了在无线电设备中混频器输出处引起直流偏移信号的 L0 泄漏和耦合到混频器输出的交流耦合器。

图 5 给出了交流耦合器输出处作为时间函数的误差信号。

图 6 给出了无线电设备中零中频信号的交流耦合和信道滤波。

30 在所有图中对于相同的部件使用了相同的指示数字。

图 1 给出了如根据发明的零中频无线电设备的收发机 1 的方框图。收发机 1 包括一个接收支路 Rx 和一个发射支路 Tx。在带有发

射支路 Tx 的另一个实施方案中，无线电设备是一个接收机。发射支路 Tx 包括一个带有滤波器 2 和 3 的正交混频器、混频器 4 和 5、加法器 6，还有耦合到正交混频器的发射功率放大器 7。在输入端，正交混频器耦合到带有调制器的基带电路（没有详细给出）。在输出端，发射功率放大器 7 耦合到 Tx/Rx 开关 8。Tx/Rx 开关 8 耦合到天线 9。这样的发射支路在现有技术中是已知的。接收支路 Rx 包括一个耦合到 Tx/Rx 开关 8 的增益可变低噪比频率放大器 (LNA) 10。LNA 10 放大对应于天线 9 接收的输入无线电频率信号 RF 的输出信号  $V_{sig}$ 。在如 IEEE 802.11b 标准中定义的所谓的 2.4 GHz 波段的信道 1 中接收到的无线电频率信号 RF 例如会具有高动态范围，典型是 80 dB，从 -90 dBm 到 -10 dBm。LNA 10 的输出 11 耦合到用于将无线电频率信号 RF 下转换到零中频信号  $V_{in}$  的频率下转换器 12。给出的是一个正交频率下转换器。频率下转换器 12 包括相互正交的混频器 13 和 14，以及提供滤波并放大的正交信号 Rx\_Q 和 Rx\_I 的同相混频器通路。频率下转换器 12 还包括可控交流耦合器 15、16、17 和 18，可控信号滤波器 19、20、21 和 22，和零中频放大器 23 和 24。交流耦合器 15 和 17 分别耦合到混频器 13、14 和零中频放大器 23、24 之间。交流耦合器 16 和 18 分别耦合到信道滤波器 19 和 20 与信道滤波器 21 和 22 之间。25 用于控制放大器 10、23 和 24 的增益，控制信道滤波器 19、20、21 和 22 的增益和其他参数。给出的信号  $V_{out}$  是交流耦合器 15 的输出。控制总线 25 上的控制信号由 AGC 控制器提供，AGC 控制器包括一个位于基带电路 27 内的信号处理器 26、一个状态机 28 和一个 AGC 总线控制器 29。信号或微处理器 26 包括 ROM 和 RAM（没有详细给出），用于存储永久性程序数据，存储与程序数据一起使用的可丢失数据。状态机 28 控制 AGC 总线控制器 29，还为交流耦合器 15、16、17 和 18 提供截止频率控制信号。一旦定义了状态机的功能性，在该领域中的熟练人员可以毫无困难的实现状态机，例如以称作 ASIC（专用集成电路）的方式。在信号处理器专用于 I/O 端口的另一个实施方案中，可以去掉状态机 28。在这样的实施方案中，已编程的信号处理器提供所有需要的控制信号。基带电路 27 还包括模数转换器 30 和 31，用于对正交信号 Rx\_Q 和 Rx\_I 进行采样。采样的 Rx\_Q 和 Rx\_I 信号

提供给解调器（这里没有详细给出）。收发机 1 还包括一个频率合成器 32，频率合成器 32 包括一个锁相环（PLL），用于产生接收支路 Rx 和发射支路 Tx 所需的本机振荡信号。PLL 在技术中是已知的，包括一个压控振荡器（VCO）33 和一个环路滤波器 34。参考振荡信号（没有给出）提供给 PLL。为了产生用于 ISM 信道 1 的 2412 MHz LO 信号，1.2 GHz 的 VCO 信号要乘 2。为了产生供给接收支路 Rx 中的混频器 13 和 14、发射支路中的混频器 4 和 5 的九十度相移 LO 信号，将 90 度移相器 35 耦合到乘 2 的 VCO 信号。收发机 1 还包括一个接收信号强度指示器（RSSI），它包括平方器 36 和 37、加法器 38、低通滤波器（LPF）39、对数放大器（LOG）40 和一个模数转换器 41。采样的 RSSI 信号根据特定的实施方案，提供给状态机 28 或信号处理器 26。

图 2 给出了一个根据本发明的 AGC 调整表和增益设置的第一步，图 3 给出了一个根据本发明的 AGC 调整表和增益设置的第二步。

在接通接收机之后，AGC 应该调整到  $10 \mu\text{s}$  之内。对形成 AGC 控制器的状态机 28 和信号处理器 26 进行编程以实现根据本发明的 AGC 调整。在第一实施方案中，初始时将接收通路 Rx 的增益设置为最大增益 MAX\_GAIN。在第二实施方案中，初始时将接收通路 Rx 的增益设置为最小增益 MIN\_GAIN。在第一实施方案中，AGC 调整时间快于第二实施方案，在最大增益处首先解析小振幅的无线电信号。在第二实施方案中，在最小增益处首先解析大振幅的无线电信号。现在将要详细讲述第一实施方案。初始时 AGC 码设置为零。在给定的例子中，模数转换器 41 是一个 5 位的转换器，因此它在输出处会产生一个 0-31 之间的数字码。假设 RSSI 电路在对应于输出数字码 0-31 范围的整个  $32 \text{ dB}$  输入信号范围（安全范围）之内线性运行。在这一 0-31 范围之外，假设模数转换器 41 的读数是实际接收的无线电频率信号 RF 的不可靠表述。因此只能对 RF 信号  $80 \text{ dB}$  的动态范围的一部分进行采样。AGC 调整表 50 作为一个例子，给出了与 RF 输入信号等级相对所需的 AGC 衰减。用箭头指示了 RSSI 的读数。在这些假设之下，在最大增益处舍弃了所有对应于比 31 大的读数，而且没有设置 AGC。在低无线电频率信号强度处，太高的增益设置将由于 Rx 通路中只是很小的直流偏移，很容易在 Rx 通路中造成信号饱和。为了避免

这样的饱和，提供了交流耦合器 15、16、17 和 18。也就是，如在 AGC 表 50 中所示，初始时在最大增益处 RSSI 只能够可靠指示  $-90 \text{ dBm}$  到  $-60 \text{ dBm}$  之间的无线电频率信号。在给定的例子中，80 dB 动态信号范围内的无线电频率信号编码为 0-80。使用这样的编码，AGC 调整可以准确到 1 dB。其他具有不同 AGC 调整准确度的编码到信号的映射也可以使用，本领域中的熟练人员会轻易的理解这一点。例如在最大增益处，就在码范围 0-31 之内的码 =15 的读数，没有发生饱和。那么可以通过将 Rx 通路中的增益从最大增益减少 15 dB 来设置 AGC。当将 Rx 通路中的增益设置为特定的增益值时，必须等待，直到在实际使用 I&Q 输出信号之前的所有级中去掉 Rx 通路中所有的直流偏移。在已知每个级最大直流偏移的假设下，依靠修改特定级的增益来设置消除直流偏移的等待时间。由于从 VCO + 倍频器到低噪无线电频率放大器 11 之间的 LO 泄漏，预计有最大的直流偏移。混频器 13 和 14 之后的其他级典型的表现为较低的直流偏移。用于消除到 LNA 11 输入的直流偏移的等待时间典型设置为 2-3  $\mu\text{s}$ 。对于其他级，等待时间典型设置为 1  $\mu\text{s}$ 。在最大增益处对于码 =31 的读数，产生了饱和。那么，不能设置 AGC，还需要另外的步骤，类似于上面讲述的增益设置和等待消除直流偏移的步骤。在另外的步骤中，Rx 通路中增益从最大增益减少 31 dB。这意味着在另外的步骤中，无线电频率信号可以使用  $-59 \text{ dBm}$  到  $-29 \text{ dBm}$  之间的信号强度来指示。在这另外的一个步骤中，AGC 码设置为 31。也是在这另外的一个步骤中，必须等待，直到消除由于增益设置中的变化而产生的直流偏移。例如就码 =2 的读数，仍然不能设置 AGC，这是因为由于 Rx 通路的增益仍然太高，码 =2 的读数仍然在 I&Q A/D 输入处饱和 Rx 通路。那么，还需要另外一个步骤，类似于上面的两个步骤。在下一步骤中，增益减少 2 dB。在给定的例子中，实际输入信号是  $-57 \text{ dBm}$ 。在第二实施方案中，由最小增益处开始，执行类似的步骤，直到 RSSI 读数处于对应于 RSSI 读数的码的范围内，最后设置 RSSI 以读零。

图 4 给出了无线电设备 1 中混频器 13 输出处引起直流偏移信号的 LO 泄漏和耦合到混频器 13 输出的交流耦合器 15。图 4 还给出了信号  $V_{\text{sig}}$  和  $V_{\text{in}}$  的频谱，以及由于到 LNA 11 输入处的 LO 泄漏，在交流耦合器 15 处作为时间函数的直流偏移  $V_{\text{out, DC}}$  的衰减。在给定

的例子中，LNA 11 的增益可以分两步来设置为 +20 dB 或 0 dB。对于交流耦合器 15 1 MHz 的截止频率，在 LNA 11 20 dB 的增益变化情况下，初始时由于 LNA 11 输入处的低泄漏，出现巨大的直流偏移。设置消除直流偏移的等待时间，从而一直等待到  $V_{out,DC}$  小于  $V_{sig}/10$ 。5 在 1 MHz 截止频率的情况下，等待时间典型是 3  $\mu$ s。由于交流耦合器 15 初始时较高的截止频率，在其频谱中出现一个凹口。这样一个凹口使得 RSSI 指示出一个错误的无线电频率信号 RF 测量值。因此优点是在调整了 AGC 之后减少了交流耦合器 15 的截止频率。此外，交流耦合器 15 的截止频率越高，信噪比就越差。因此，在调整了 AGC 之后，就如所示通过减少交流耦合器 15 的时间常数来降低交流耦合器的截止频率。电阻 R 可以连续变化或分步变化。

10 图 5 以时间的函数给出了交流耦合器 15 输出处的误差信号  $V_{error}$ 。在  $t=t0$  处，交流耦合器 15 以及交流耦合器 16 的截止频率是 1 MHz。在  $t=t1$  处，当已经设置了完整的 AGC 增益之后，截止频率降低到 100 kHz。最终在  $t=t2$  处，截止频率进一步降低到 10 kHz，有效的去除了到非常大范围上的交流耦合。这使信号  $V_{error}$  逐步降低到小于信号  $V_{in}$  的 10%。

15 图 6 给出了交流耦合的频率特性 60 和无线电设备 1 中零中频信号信道滤波的频率特性 61，还给出了混频器 15 输出处零中频信号的频谱 62。

20 在设置了 AGC 之后，优点是将接收信号强度指示器输入的增益降低了 10 dB，以便检测稍后信号等级上的增加或减少。接收信号强度指示器输入的增益可以通过耦合在 Rx\_Q、Rx\_I 输出和平方器 36、37 之间的可控衰减器（这里没有详细给出）来降低。那么对于 RSSI，其额定的设置点将是十而不是零，会指示 +10 dB 到 -22 dB 的信号变化，超过这个范围将会饱和。

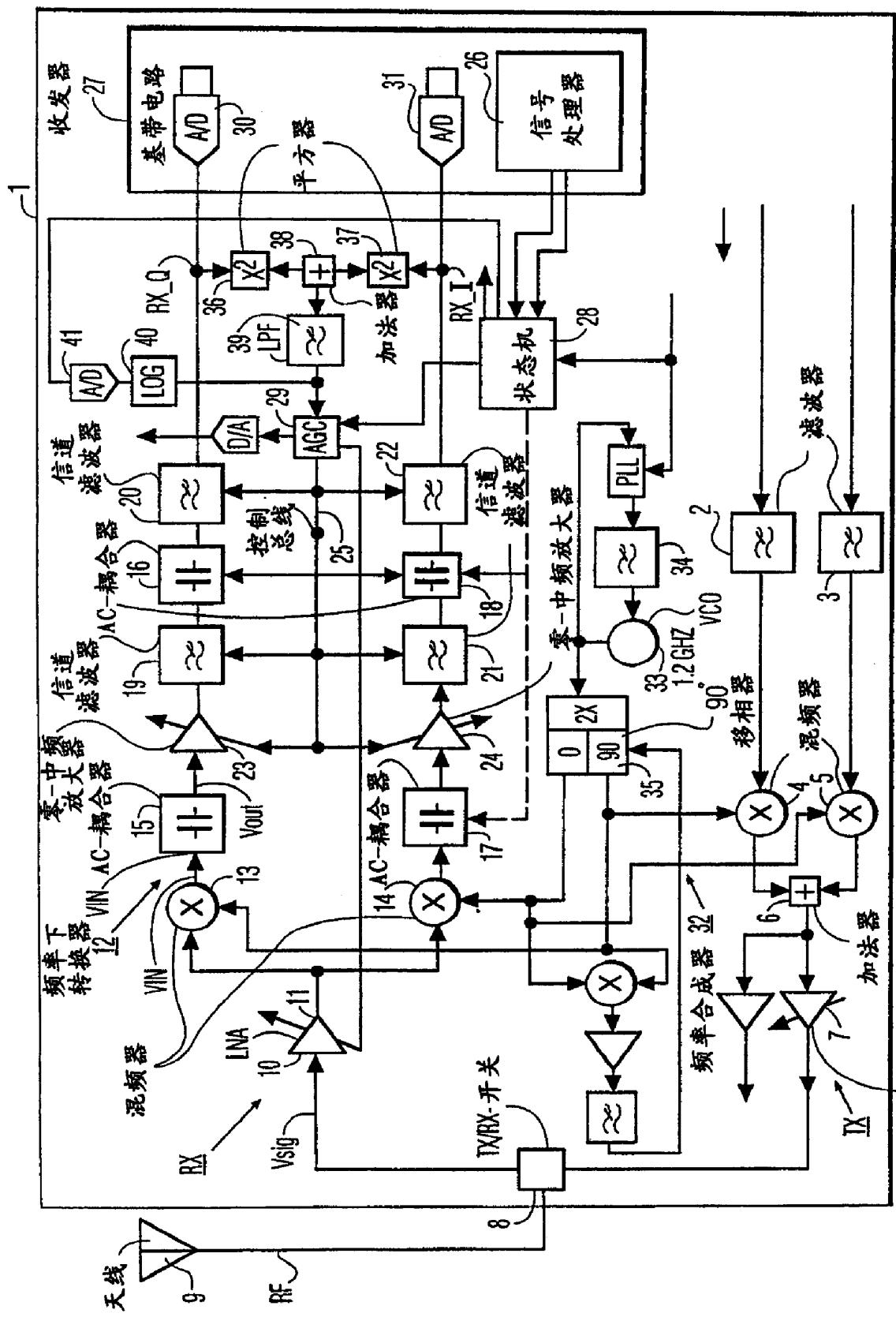
25 另外，对于这个目的可以使用更大范围的 RSSI，例如 42 dB 的范围。这将得到 +10 dB 到 -32 dB 的信号变化读数。在这个实施方案中，AGC 将使用 0 到 31 之间的读数，但是出于上面的目的，使用了 -10 到 -1 之间的读数。

30 在给定的实施方案中，增益降低、信道滤波和截止频率的降低分布在很多级之中。当降低 Rx 通路的增益，从最大增益到较低的增益时，

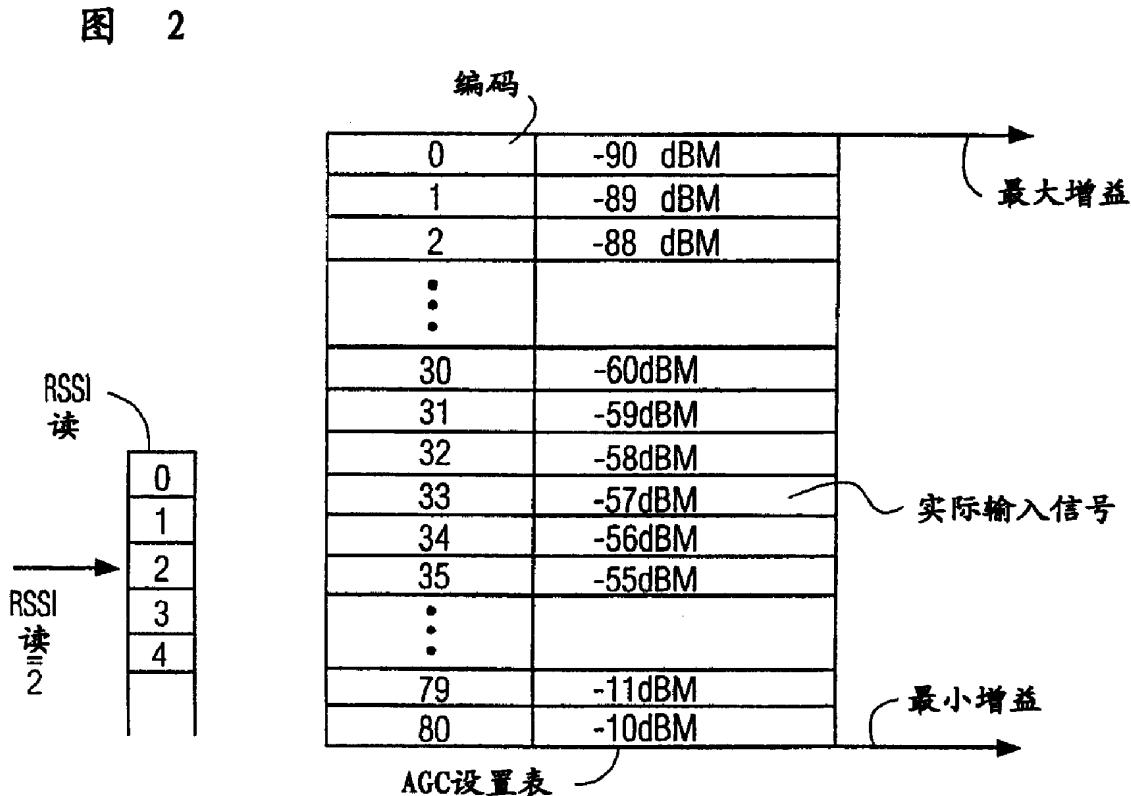
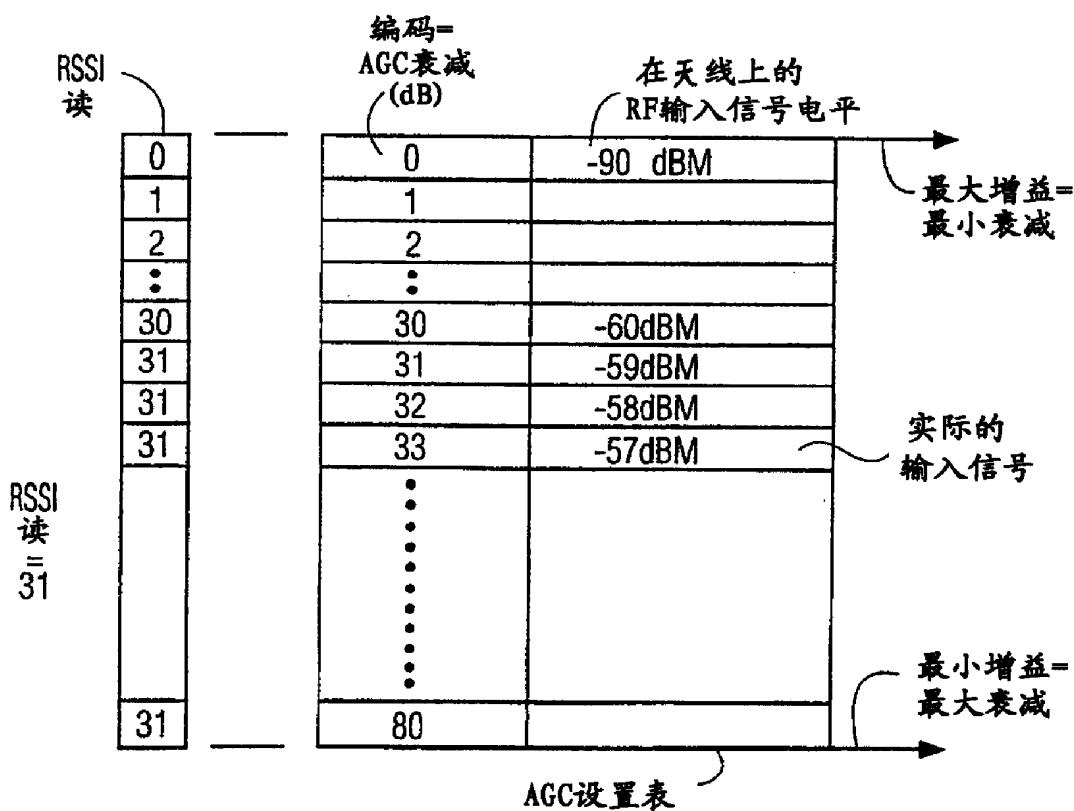
优点是首先降低了 LNA 11 的增益。类似的，当增加 Rx 通路的增益，从最小增益到较高的增益时，优点是在最后一步增加 LNA 11 的增益。这样的增益设置减轻了频带外干扰机的影响或 ISM 波段其他信道中的干扰。此外，对于较低的增益设置，无线电前端线性更好。

5 很明显，借助前述内容，本领域内的熟练人员可以在本发明于下文附加权利要求中定义的原理和范围内进行不同的修改，因此本发明不只局限于提供的例子。词“包括”不排斥权利要求列出之外的元件或步骤的存在。

## 说 明 书 附 图



1



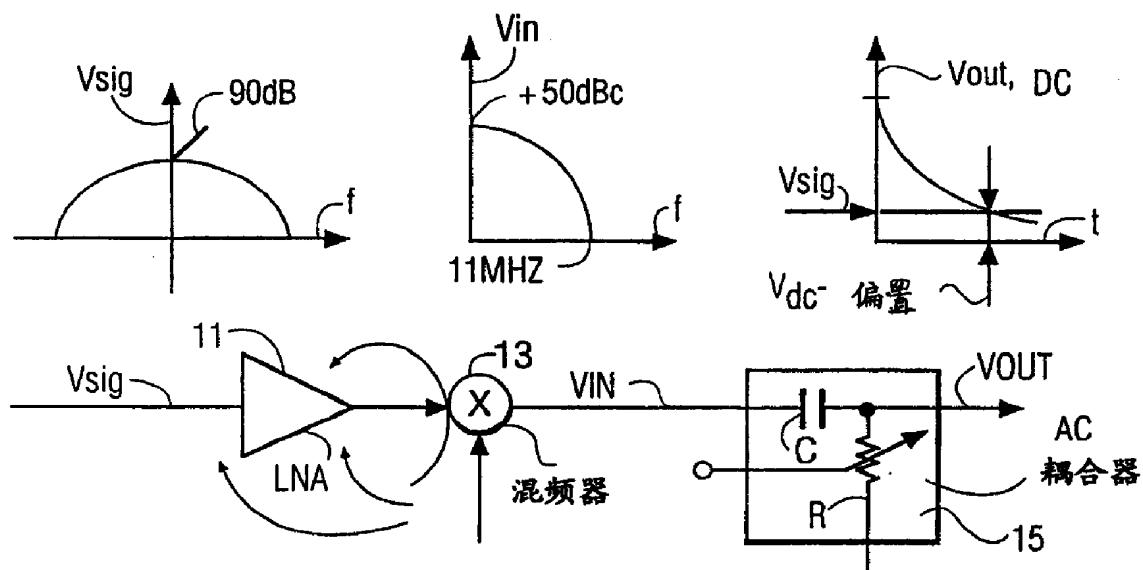


图 4

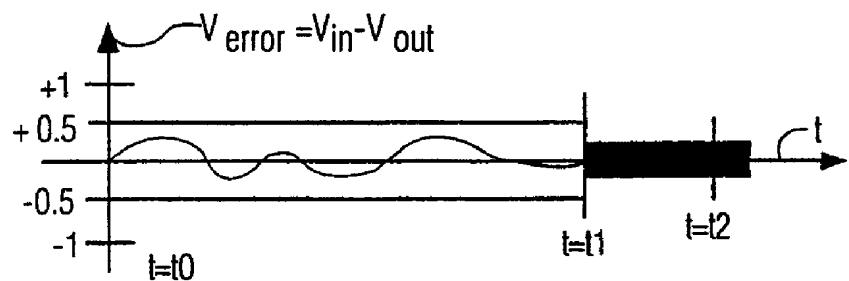


图 5

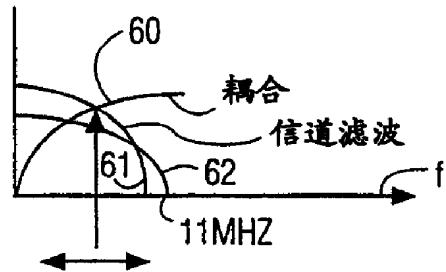


图 6